

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-289768

(43)Date of publication of application : 04.10.2002

(51)Int.Cl. H01L 25/065  
H01L 25/07  
H01L 25/18  
H01L 21/60

(21)Application number : 2001-021113

(71)Applicant : ROHM CO LTD

(22)Date of filing : 30.01.2001

(72)Inventor : SHIBATA KAZUTAKA

(30)Priority

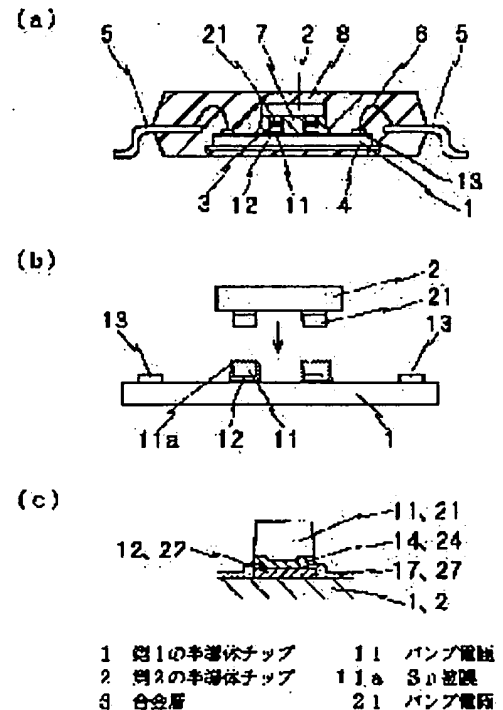
|                              |                            |                       |
|------------------------------|----------------------------|-----------------------|
| Priority number : 2000216298 | Priority date : 17.07.2000 | Priority country : JP |
| 2000322926                   | 23.10.2000                 | JP                    |
| 2001012648                   | 22.01.2001                 | JP                    |

## (54) SEMICONDUCTOR DEVICE AND ITS MANUFACTURING METHOD

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a semiconductor device and its manufacturing method of a structure capable of connecting the electrode terminals of a semiconductor chip without deteriorating the characteristics of the semiconductor chip due to the application of high temperature when a plurality of the semiconductor chips are connected in the COC type semiconductor device.

**SOLUTION:** The semiconductor device is formed of a COC type joining the bump electrode 21 of a second semiconductor chip 2 on a first semiconductor chip 1 forming a bump electrode 11 on the surface. The bump electrodes 11, 21 of the first and second semiconductor chips 1, 2 are made of a first metal of comparatively high melting point such as Au respectively, the joining part between the bump electrodes 11, 21 is formed of an alloy layer 3 of the first metal and a second metal, the second metal is melted at a lower temperature than the melting point of the first metal and made of a material which can be alloyed with the first metal.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.05.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 19.08.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of 2003-18046]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

18.09.2003

[Date of extinction of right]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-289768

(P2002-289768A)

(43)公開日 平成14年10月4日(2002.10.4)

| (51)Int.Cl. <sup>7</sup> | 識別記号  | F I           | テ-マコ-ト*(参考)       |
|--------------------------|-------|---------------|-------------------|
| H 0 1 L 25/065           |       | H 0 1 L 21/60 | 3 1 1 Q 5 F 0 4 4 |
| 25/07                    |       | 25/08         | B                 |
| 25/18                    |       | 21/92         | 6 0 3 B           |
| 21/60                    | 3 1 1 |               |                   |

審査請求 有 請求項の数19 O L (全 16 頁)

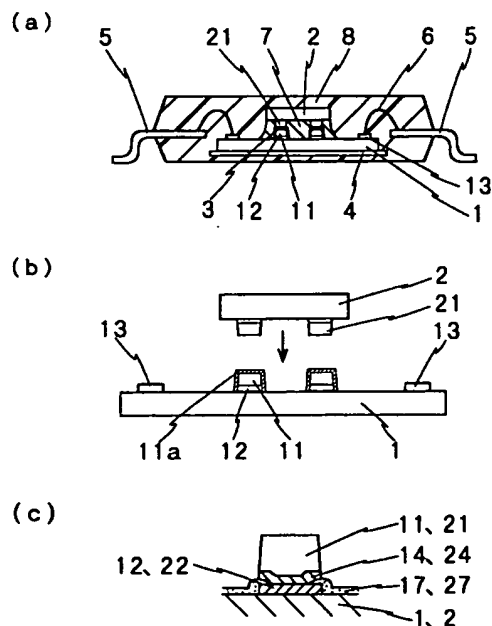
|             |                             |          |  |
|-------------|-----------------------------|----------|--|
| (21)出願番号    | 特願2001-21113(P2001-21113)   | (71)出願人  | 000116024<br>ローム株式会社<br>京都府京都市右京区西院溝崎町21番地 |
| (22)出願日     | 平成13年1月30日(2001.1.30)       | (72)発明者  | 柴田 和孝<br>京都市右京区西院溝崎町21番地 ローム株式会社内          |
| (31)優先権主張番号 | 特願2000-216298(P2000-216298) | (74)代理人  | 100098464<br>弁理士 河村 洸                      |
| (32)優先日     | 平成12年7月17日(2000.7.17)       | Fターム(参考) | 5F044 KK00 LL05 LL13 QQ02 QQ03<br>QQ05     |
| (33)優先権主張国  | 日本(J P)                     |          |  |
| (31)優先権主張番号 | 特願2000-322926(P2000-322926) |          |  |
| (32)優先日     | 平成12年10月23日(2000.10.23)     |          |  |
| (33)優先権主張国  | 日本(J P)                     |          |  |
| (31)優先権主張番号 | 特願2001-12648(P2001-12648)   |          |  |
| (32)優先日     | 平成13年1月22日(2001.1.22)       |          |  |
| (33)優先権主張国  | 日本(J P)                     |          |  |

(54)【発明の名称】 半導体装置およびその製法

(57)【要約】

【課題】 COCタイプの半導体装置において、複数の半導体チップ同士を接続する際に、高温の印加により半導体チップの特性を劣化させることなく、半導体チップの電極端子同士を接続することができる構造の半導体装置およびその製法を提供する。

【解決手段】 表面にパンプ電極11が形成された第1の半導体チップ1上に、第2の半導体チップ2のパンプ電極21が接合されるCOCタイプで形成されている。この第1および第2の半導体チップ1、2のパンプ電極11、21は、それぞれAuのような融点比较高的第1の金属からなり、そのパンプ電極11、21の接合部はその第1の金属と第2の金属との合金層3により形成され、第2の金属は、第1の金属の熔融温度より低い温度で熔融して第1の金属と合金化し得る材料からなっている。



- |             |          |
|-------------|----------|
| 1 第1の半導体チップ | 11 パンプ電極 |
| 2 第2の半導体チップ | 11a Sn被膜 |
| 3 合金層       | 21 パンプ電極 |

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 の半導体チップの電極端子と、第 2 の半導体チップの電極端子とがパンプ電極を介して接合されることにより形成される半導体装置であって、前記パンプ電極が第 1 の金属からなり、該パンプ電極を介した第 1 および第 2 の半導体チップの接合部は該第 1 の金属と第 2 の金属との合金層により形成され、前記第 2 の金属は、前記第 1 の金属の熔融温度より低い温度で溶融して前記第 1 の金属と合金化し得る材料からなる半導体装置。

【請求項 2】 第 1 の半導体チップの電極端子と、第 2 の半導体チップの電極端子とがパンプ電極を介して接合されることにより形成される半導体装置であって、前記パンプ電極が第 1 の金属からなり、該パンプ電極の接合部が該第 1 の金属より融点の低い第 3 の金属層を介して接合されてなる半導体装置。

【請求項 3】 第 1 の半導体チップの電極端子と、第 2 の半導体チップの電極端子とがパンプ電極を介して接合されることにより形成される半導体装置であって、前記パンプ電極を介した前記第 1 および第 2 の半導体チップの接合部が 280～500℃で前記第 1 および第 2 の半導体チップを容易に分離し得る材料からなる半導体装置。

【請求項 4】 前記第 1 および第 2 の半導体チップの両方におけるそれぞれの電極端子に前記パンプ電極が形成され、該パンプ電極同士が接合されてなる請求項 1、2 または 3 記載の半導体装置。

【請求項 5】 前記第 1 および第 2 の半導体チップの一方における電極端子に前記パンプ電極が形成され、他方の半導体チップの電極端子上に前記第 1 の金属からなる金属膜が形成され、該パンプ電極と前記電極端子とが接合されてなる請求項 1、2 または 3 記載の半導体装置。

【請求項 6】 前記パンプ電極の少なくとも 1 つが第 1 の金属からなり、該パンプ電極の上面および側面に設けられる第 2 の金属との合金層により、または第 3 の金属層を介して接合されてなる請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項記載の半導体装置。

【請求項 7】 前記第 1 および第 2 の半導体チップの接合部に、前記第 1 の金属と第 2 の金属との合金層または前記第 3 の金属層からなるフィレットが形成されてなる請求項 1～6 のいずれか 1 項記載の半導体装置。

【請求項 8】 前記第 1 の金属が Au からなり、前記第 2 の金属が Sn からなり、前記接合部が Au-Sn 合金を有する請求項 1、4、5、6 または 7 記載の半導体装置。

【請求項 9】 前記第 3 の金属が Au-Sn 合金からなる請求項 2、4、5、6 または 7 記載の半導体装置。

【請求項 10】 第 1 の半導体チップと、第 2 の半導体チップとが、それぞれの電極端子および配線が形成される側が向き合されて電氣的に接続されると共に接合され

る半導体装置であって、前記第 1 および第 2 の半導体チップの少なくとも一方は、半導体チップ表面に形成される配線の表面に低融点金属層からなる接合部を介して接合されてなる半導体装置。

【請求項 11】 前記第 1 の半導体チップと第 2 の半導体チップとの接合が、配線同士の接合で、接合部に前記低融点金属層が形成され、該接合部以外の前記第 1 の半導体チップと第 2 の半導体チップの配線の間隙部に、第 1 の絶縁層を介して接合されてなる請求項 10 記載の半導体装置。

【請求項 12】 前記配線の表面が平坦化されるように、前記半導体チップ表面のバンプ膜上に第 2 の絶縁層を介して前記配線が形成されてなる請求項 10 または 11 記載の半導体装置。

【請求項 13】 前記配線が、電極端子に接続して設けられるバリアメタル層を介した Au 配線であり、前記低融点金属層が Au-Sn 合金からなる請求項 10 ないし 12 のいずれか 1 項記載の半導体装置。

【請求項 14】 前記配線が、電極端子と同時に形成される Cu からなり、該配線上にバリアメタル層および Au 層を介して Au-Sn 合金からなる前記低融点金属層により接合されてなる請求項 10 ないし 12 のいずれか 1 項記載の半導体装置。

【請求項 15】 前記配線が、電極端子と同時に形成される Au からなり、該配線上で Au-Sn 合金からなる前記低融点金属層により接合されてなる請求項 10 ないし 13 のいずれか 1 項記載の半導体装置。

【請求項 16】 前記接合部を構成する Au-Sn 合金が、Au を 65wt% 以上含有する Au リッチの合金を有する請求項 7、8、12、13、14 または 15 記載の半導体装置。

【請求項 17】 前記接合部の Au-Sn 合金層が 0.8 μm 以上 5 μm 以下である請求項 7、8、12、13、14、15 または 16 記載の半導体装置。

【請求項 18】 前記第 1 の半導体チップと第 2 の半導体チップとの接合部の間隙部に、弾性率が前記パンプ電極とほぼ同じ弾性率を有する絶縁性樹脂が充填されてなる請求項 1 ないし 10 のいずれか 1 項記載の半導体装置。

【請求項 19】 前記第 1 の半導体チップと第 2 の半導体チップとの接合部の間隙部に、熱収縮率が 5% 以下の絶縁性樹脂が充填されてなる請求項 1 ないし 10 のいずれか 1 項または 18 記載の半導体装置。

【請求項 20】 前記第 1 の半導体チップおよび第 2 の半導体チップの少なくとも一方の前記接合部における半導体層に回路素子が形成されてなる請求項 1 ないし 19 のいずれか 1 項記載の半導体装置。

【請求項 21】 第 1 の半導体チップまたは基板と、第 2 の半導体チップとを、それぞれの電極端子および配線が形成される側を向き合せて、前記電極端子表面に設け

られる金属または配線の金属との間で接合する半導体装置の製法であって、前記接合部の少なくとも一方に、該接合部の金属より低融点の低融点金属層を設け、該低融点金属層を熔融させることにより、または前記接合部の金属と該低融点金属層とを合金化させることにより、前記第1の半導体チップまたは基板と第2の半導体チップを接合することを特徴とする半導体装置の製法。

【請求項22】 第1の半導体チップまたは基板と、第2の半導体チップとを、それぞれの電極端子および配線が形成される側を向き合せて、前記電極端子表面に設けられる金属または配線の金属との間で接合する半導体装置の製法であって、前記接合部の少なくとも一方に、該接合部の金属より低融点の低融点金属層を設け、該低融点金属層を液相化させ、該液相化させた低融点金属中に前記電極端子表面に設けられる金属または配線の金属を拡散させる液相拡散法により、前記第1の半導体チップまたは基板と第2の半導体チップを接合することを特徴とする半導体装置の製法。

【請求項23】 前記接合部の金属がAuからなり、前記低融点金属層がAu-Sn合金またはSnからなり、前記第1の半導体チップまたは基板と前記第2の半導体チップとを接合部が向き合うように重ね、前記Au-Sn合金またはSnが熔融する温度まで上げることにより、セルフアラインで位置合せをして接合する請求項20記載の半導体装置の製法。

【請求項24】 前記電極端子表面に設けられる金属または配線の金属表面に設けられる前記低融点金属層とを合金化し、ついで、他方の半導体チップまたは基板と接合する請求項21、22または23記載の半導体装置の製法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複数の半導体チップを対面させて電気的に接続する、いわゆるチップオンチップ(chip on chip、以下COCという)タイプの半導体装置およびその製法に関する。さらに詳しくは、対面させた両半導体チップを接続する際に、半導体チップに高い温度を印加したり、超音波による機械的衝撃を与えたりすることにより、半導体チップにダメージを与える、ということなく接合することができる構造の半導体装置およびその製法に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】従来、たとえばメモリ素子とその駆動回路の組合せなどのように、回路の組合せにより半導体装置が構成される場合、立体化による占有面積の縮小化、回路の一部の汎用化(たとえばメモリ素子部を汎用化して駆動回路部分を用途に応じて変更する)などの目的のため、半導体回路を複数のチップにより製造し、一方の半導体チップ上に他の半導体チップを接続する構造である、いわゆるCOCタイプの半導体装置が用いられる

ことがある。

【0003】このような構造の半導体装置は、たとえば図17に、2個の半導体チップ1、2の接合工程を説明する図が示されるように、加熱された基板ステージ51上に一方の半導体チップ1を固定し、もう一方の半導体チップ2をマウントヘッド52に固定して、マウントヘッド52を押し付けて両チップのAuなどからなるパンプ電極11、21を接触させ、加重すると共に、450℃程度に加熱し、パンプ電極11、21を接続することにより製造されている。なお、パンプ電極11、21の材料は、半導体装置を実装基板などに実装するのに、一般的にはハンダ付けによりなされるので、前述のようにAuなどのハンダより高融点の金属材料が用いられる。

##### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】前述のようなCOCタイプの半導体装置では、複数の半導体チップを予め接続するのに、パンプ電極にAuなどの高融点金属材料が用いられているため、450℃程度の高温で加圧して行わないと、良好な電気的接続が得られない。パンプ電極の接着時にこのような高温にすると、半導体基板も450℃以上になるため、半導体基板に形成されている回路素子(トランジスタなどの半導体装置を構成する素子)が高温になり、素子特性が変動するという問題がある。さらに、このような圧力を加えることなどにより、450℃程度で接合することができるが、一度接合してしまくと、Auの融点は高いため、両者を分離しようすると破壊してしまい、殆ど分離することはできない。

【0005】本発明はこのような状況に鑑みてなされたもので、COCタイプの半導体装置において、半導体装置の実装温度では影響を受けず、高温の印加により半導体チップの特性を劣化させることなく、半導体チップの電極端子同士を接続することができる構造の半導体装置およびその製法を提供することを目的とする。

【0006】本発明の他の目的は、パンプ電極が小さくても、相手方半導体チップとしっかり接合することができる構造の半導体装置を提供することにある。

【0007】本発明のさらに他の目的は、接続の一方が配線である場合に、接続を確実にできる構造の半導体装置を提供することにある。

【0008】本発明のさらに他の目的は、親チップと子チップとの接続を確実にしながら、子チップを取り外す際には、半導体チップ内の素子に影響を与えることなく、簡単に分離し得る半導体装置を提供することにある。

【0009】本発明のさらに他の目的は、親チップと子チップとを接合した場合に、接合部のパンプ電極などに力が集中して、その接合部下の半導体層に形成される素子などに悪影響を与えないような構造の半導体チップを提供することにある。

【0010】本発明のさらに他の目的は、低温で接合し

得ると共に、正確な位置合せをしなくても、簡単に接合することができる半導体装置の製法を提供することにある。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】本発明による半導体装置は、第1の半導体チップの電極端子と、第2の半導体チップの電極端子とがバンプ電極を介して接合されることにより形成される半導体装置であって、前記バンプ電極が第1の金属からなり、該バンプ電極を介した第1および第2の半導体チップの接合部は該第1の金属と第2の金属との合金層により形成され、前記第2の金属は、前記第1の金属の熔融温度より低い温度で熔融して前記第1の金属と合金化し得る材料からなっている。

【0012】ここに第1の金属または第2の金属とは、それぞれが単独の金属のみならず、合金や、2種以上の複合金属の場合も含み、2種以上の金属の積層体からなる場合は外層側の主たる金属を意味する。また、第1の金属と第2の金属との合金層とは、層全体が合金になる場合の他、層の一部が合金で、一部は第1または第2金属のみや他の化合物を有する場合も含む意味である。さらに、バンプ電極を介して接合される構造には、両方の半導体チップの電極端子それぞれにバンプ電極が設けられ、バンプ電極同士で接合される構造や、一方の半導体チップの電極端子にバンプ電極が設けられ、他方の半導体チップの電極端子と直接接合される構造を含む。

【0013】この構造にすることにより、第2の金属は融点が低く、比較的低い温度で熔融し、バンプ電極として用いられる第1の金属を合金化して熔融し、第1および第2の半導体チップの電極端子同士を比較的低温で接合し、電気的接続をすることができる。その結果、バンプ電極を接続するための加熱温度は、第2の金属を熔融する程度の低い温度でよいから、第2の金属に、たとえばSnなどを選ぶことにより、回路素子に影響を及ぼすような温度にする必要はなく、高温による回路素子への悪影響は生じない。しかもバンプ電極の大部分を構成する第1の金属は融点が高く、実装時のハンダ付け温度などでは全然支障を来すこともない。

【0014】本発明による半導体装置の他の形態は、第1の半導体チップの電極端子と、第2の半導体チップの電極端子とがバンプ電極を介して接合される場合に、前記バンプ電極が第1の金属からなり、該バンプ電極の接合部が該第1の金属より融点の低い第3の金属層を介して接合されている。すなわち、バンプ電極や電極端子と直接合金を形成するようにしなくても、たとえば前述の第1および第2の金属により形成される合金などの融点の低い第3の金属層が設けられていることにより、その第3の金属層が低い温度で熔融し、バンプ電極や電極端子に拡散して接合する拡散接合により接合される。なお、第3の金属層も、前述の第1および第2の金属と同様に、単独の金属のみならず、合金などを含む意味であ

り、とくに接合後には第1の金属および第2の金属との化合、合金化により均一な組成とは限らない。この場合も、第3の金属層は融点が低く、温度上昇により熔融しやすいが、その層は非常に薄く、大部分は第1の金属により保持されているため、パッケージにより被覆された状態では剥離することではなく、逆に温度を上昇させて外力を加えれば、容易に剥離することができる。

【0015】本発明による半導体装置のさらに他の形態は、第1の半導体チップの電極端子と、第2の半導体チップの電極端子とがバンプ電極を介して接合される場合に、前記バンプ電極を介した前記第1および第2の半導体チップの接合部が280～500℃で前記第1および第2の半導体チップを容易に分離し得る構造に形成されている。すなわち、バンプなど接合部は、たとえばAuなどの融点の高い金属で形成されながら、接合部はそれより低い、たとえば300℃以下で熔融するような金属で接合されることにより、融点の低い金属は非常に薄い層となり、通常の状態では300℃程度になっても剥れなどは生じないが、300℃程度で外力を加えれば容易に分離し得る構造になっている。

【0016】具体的には、前記第1および第2の半導体チップの両方におけるそれぞれの電極端子に前記バンプ電極が形成される構造や、前記第1および第2の半導体チップの一方における電極端子に前記バンプ電極が形成され、他方の半導体チップの電極端子上に前記第1の金属または第2の金属からなる金属膜が形成される構造において、該バンプ電極同士の接合部、または該バンプ電極と前記電極端子との接合部に前記合金層が形成される。また、前記バンプ電極の少なくとも1つが第1の金属からなり、該バンプ電極の上面および側面に設けられる第2の金属との合金層により、または第3の金属層を介して接合されることにより、バンプ電極が小さくても、接合部にフィレットが形成され、強力的に接合することができる。

【0017】前記第1および第2の半導体チップの接合部に、前記第1の金属と第2の金属との合金層または前記第3の金属層からなるフィレットが形成されるように接合されることにより、非常に接合が強固になる。ここにフィレットとは、接合部の隙間から側壁側にはみ出た部分を意味し、側壁全体に富士山の裾野のように滑らかに形成されるものに限らず、接合部近傍のみに僅かにみ出ているものも含む意味である。

【0018】さらに具体的には、前記第1の金属がAuからなり、前記第2の金属がSnからなることにより、または第3の金属がAu-Sn合金からなり、前記接合部がAu-Sn合金を有することにより、回路素子が温度の影響を受けない、300℃程度の低い温度の加熱だけでバンプ電極を接続することができる。

【0019】本発明による半導体装置のさらに他の形態は、第1の半導体チップと、第2の半導体チップとが、

それぞれの電極端子および配線が形成される側が向き合  
されて電気的に接続されると共に接合される場合に、前  
記第1および第2の半導体チップの少なくとも一方は、  
半導体チップ表面に形成される配線の表面に低融点金属  
層からなる接合部を介して接合される構造にすることも  
できる。ここに低融点金属層には、前述の第1の金属と  
第2の金属との合金化により、少なくとも一部に合金が  
形成される接合部や、第3の金属が設けられることによ  
り拡散接合された境界部を含む。

【0020】前記配線の表面が平坦化されるように、前  
記半導体チップ表面のパシベーション膜上に第2の絶縁  
層を介して前記配線が形成されることにより、接合する  
他方の半導体チップのパンプ電極が低かったり、パンプ  
電極がなく配線同士の接合でも接合部をしっかりと接触  
させて接合することができる。

【0021】前記第1の半導体チップと第2の半導体チ  
ップとの接合が、配線同士の接合で、接合部に前記低融  
点金属層が形成され、該接合部以外の前記第1の半導体  
チップと第2の半導体チップの配線の間隙部に、第1の  
絶縁層を介して接合される構造にすることにより、最表  
面に設けられる配線が他の部分と接触する虞れもなく、  
しかも配線同士をしっかりと接続しながら固定すること  
ができる。

【0022】配線で接続する場合、配線が、電極端子に  
接続して設けられるバリアメタル層を介したAu配線で  
あり、前記低融点金属層がAu-Sn合金の構造にした  
り、前記配線が、電極端子と同時に形成されるCuから  
なり、該配線上にバリアメタル層およびAu層を介して  
Au-Sn合金からなる前記低融点金属層により接合され  
る構造にしたり、前記配線が、電極端子と同時に形成  
されるAuからなり、該配線上でAu-Sn合金からなる  
前記低融点金属層により接合される構造にすることが  
できる。

【0023】前記接合部を構成するAu-Sn合金が、  
Auを65wt（重量）%以上含有するAuリッチの合  
金を有するように形成されることにより、共晶合金にな  
るため、しっかりと接続されながら、取り外す場合で  
も、融点の低い共晶合金となっているため、300℃程  
度に上昇させることにより容易に取り外すことができ  
る。さらに、前記接合部のAu-Sn合金層が0.8μm  
以上5μm以下であれば、より一層接合強度が安定す  
る。

【0024】また、前記第1の半導体チップと第2の半  
導体チップとの接合部の間隙部に、弾性率が前記パンプ  
電極とほぼ同じ弾性率を有する絶縁性樹脂が充填されて  
いることにより、弾性率がパンプ電極とほぼ同じである  
ため、樹脂パッケージの収縮などにより両チップ間に圧  
縮力が働いても、半導体層にかかる圧力は、パンプ電極  
など電極端子部分に力が集中しないで、半導体チップ全  
面に力が分散されるため、面として支持することがで

き、素子の信頼性を向上させることができる。

【0025】また、前記第1の半導体チップと第2の半  
導体チップとの接合部の間隙部に、熱収縮率が4%以下  
の絶縁性樹脂が充填されていることにより、両半導体チ  
ップを300℃程度で接着した後に室温に戻っても、パ  
ンプ電極などの電極端子接続部より縮むことがなく、電  
極端子部に圧縮力が集中することがなくなり、半導体チ  
ップ全面に力が分散されるため、面として支持すること  
ができ、素子の信頼性を向上させることができる。

【0026】前記第1の半導体チップおよび第2の半導  
体チップの少なくとも一方の前記接合部における半導体  
層に回路素子が形成されれば、集積度を向上させること  
ができるため好ましい。すなわち、本発明によれば、低  
温で圧力を殆どかけることなく接合することができるた  
め、電極パッドや配線の接合部の下にも回路素子を形成  
することができる。

【0027】本発明による半導体装置の製法は、第1の  
半導体チップまたは基板と、第2の半導体チップとを、  
それぞれの電極端子および配線が形成される側を向き合  
せて、前記電極端子表面に設けられる金属または配線の  
金属との間で接合する半導体装置の製法であって、前記  
接合部の少なくとも一方に、該接合部の金属より低融点  
の低融点金属層を設け、該低融点金属層を溶融させるこ  
とにより、または前記接合部の金属と該低融点金属層と  
を合金化させることにより、前記第1の半導体チップま  
たは基板と第2の半導体チップを接合することを特徴と  
する。

【0028】本発明による半導体装置の製法における他  
の形態は、第1の半導体チップまたは基板と、第2の半  
導体チップとを、それぞれの電極端子および配線が形成  
される側を向き合せて、前記電極端子表面に設けられる  
金属または配線の金属との間で接合する半導体装置の製  
法であって、前記接合部の少なくとも一方に、該接合部  
の金属より低融点の低融点金属層を設け、該低融点金属  
層を液相化させ、該液相化させた低融点金属中に前記電  
極端子表面に設けられる金属または配線の金属を拡散さ  
せる液相拡散法により、前記第1の半導体チップまたは  
基板と第2の半導体チップを接合することを特徴とす  
る。

【0029】また、前記接合部の金属がAuからなり、  
前記低融点金属層がAu-Sn合金またはSnからな  
り、前記第1の半導体チップまたは基板と前記第2の半  
導体チップとを接合部が向き合うように重ね、前記Au  
-Sn合金またはSnが溶融する温度まで上げること  
により、セルフアラインで位置合せをして接合することが  
できる。すなわち、Au-Sn合金により接合すること  
により、280℃程度に温度を上げれば、完全に溶融状  
態になるため、圧力をかける必要がなく、完全な位置合  
せをして接合しなくても、接合部が溶融状態になると表  
面張力によりパンプなどの接合部の位置に引き寄せられ

て接合するため、自然に位置合せされる。

【0030】前記電極端子表面に設けられる金属または配線の金属表面に設けられる前記低熔点金属層とを合金化し、ついで、他方の半導体チップまたは基板と接合することもできる。

【0031】

【発明の実施の形態】つぎに、図面を参照しながら本発明の半導体装置およびその製法について説明をする。本発明による半導体装置は、図1にその一実施形態である断面構造および2個の半導体チップを接合する前の状態図が示されるように、表面にパンプ電極11が形成された第1の半導体チップ1上に、第2の半導体チップ2の

パンプ電極21が接合されるCOCタイプで形成されている。この第1および第2の半導体チップ1、2のパンプ電極11、21は、それぞれAuのような融点比较高的第1の金属からなり、そのパンプ電極11、21の接合部はその第1の金属と第2の金属との合金層3により形成され、第2の金属は、第1の金属の熔融温度より低い温度で熔融して第1の金属と合金化し得る材料からなっている。

【0032】図1に示される例では、第1の半導体チップ1および第2の半導体チップ2共に、パンプ電極11、21がメッキなどにより10〜30μm程度の厚さに形成され、第1の半導体チップ1のパンプ電極11表面には、さらに無電解メッキまたはスパッタリングなどによりSnが0.5〜3μm程度の厚さに設けられている。パンプ電極11、21自身は、従来と同様に形成され、たとえば図1(c)にパンプ電極部分の拡大断面図が示されるように、A1などからなる電極端子12、22上に、バリアメタル層14、24が2層または3層構造で形成され、バリアメタル層14、24の第1層にはTiまたはCrが、第2層にはW、Pt、Ag、Cu、Niなどが、第3層にはAuなどが用いられる。そして、その上にパンプ電極11、21が、Au、Cuなどにより形成される。なお、17、27は絶縁膜である。

【0033】Auからなるパンプ電極11上にSn被膜11aが設けられることにより、Auの融点は、1064℃程度（同一金属同士であるため、加圧しながら加熱することにより、450℃程度で融着する）であるのに対して、Snの融点は、232℃程度であり、230℃程度になると熔融し、Auと共晶を形成して合金化し、280℃程度でAu-Sn合金からなる合金層3がその接合面に形成されて、両者のパンプ電極11、21が溶着する。すなわち、半導体基板に形成される回路素子などに対しては支障のない低い温度で両パンプ電極11、21を融着させることができる。したがって、このパンプ電極11を構成する第1の金属と、その上に設けられる第2の金属の被膜11aとの関係は、第2の金属の融点が、第1の金属の融点より低く、第2の金属が熔融することにより第1の金属を合金化して融着するものであ

ればよく、AuとSnとに限られるものではない。

【0034】第1の半導体チップ1は、たとえばメモリの駆動回路などが半導体基板に形成され、その表面には層間絶縁膜や配線膜などが設けられ、最終的にメモリ回路などの第2の半導体チップ2との接続用電極端子12と、外部リードとの接続用の電極端子13がA1などによりその表面に形成されている。この電極端子12上に前述のようにバリアメタル層14を介してパンプ電極11が形成されている。この回路素子（半導体素子）や半導体基板の表面に形成される配線、電極端子、絶縁膜などは、通常の半導体装置の製造工程と同様に形成される。なお、通常のシリコン基板でなくとも、GaAsなど化合物半導体基板に形成されてもよい。

【0035】第2の半導体チップ2は、たとえばメモリ素子がマトリクス状に形成されたもので、駆動回路と接続される部分や外部リードなどに接続される部分などが電極端子22として半導体基板の表面に形成され、その電極端子22の表面にも前述の第1の半導体チップ1と同様に、Auなどによりパンプ電極21が形成されている。このパンプ電極21の表面には、Sn被膜は形成されていないが、前述の第1の半導体チップ1と同様に、この表面にSn被膜が形成されていてもよい。また、第1の半導体チップ1にはSn皮膜が形成されないで、第2の半導体チップ2のパンプ電極21のみにSn被膜が形成されてもよい。すなわち、Sn被膜は、少なくともいずれか一方に設けられておればよい。

【0036】この第2の半導体チップ2は、このようなICでなくとも、トランジスタ、ダイオード、キャパシタなどのディスクリート部品などで、半導体基板に形成されないものでもかまわない。とくに、静電破壊防止用の複合半導体装置にする場合、ディスクリートの保護ダイオードなどを第2半導体チップとして搭載することが、大容量の保護素子を内蔵することができるため好ましい。

【0037】この第1の半導体チップ1と第2の半導体チップ2のパンプ電極11、21同士の接続は、たとえば第1の半導体チップ1を加熱し得る基板ステージ上に載置し、マウンターにより第2の半導体チップ2をそのパンプ同士が大まかに位置合せされるように重ね、第2の半導体チップの自重程度の重さを加えながら300℃程度に加熱することにより、Sn被膜11aが熔融し、パンプ電極11、21のAuと共晶を形成し、合金層3を形成する。この際、図13(a)に示されるように、第1の半導体チップ1と第2の半導体チップ2とが完全に位置合せされていないとしても、300℃程度で合金層3が形成され、熔融状態にあると、図13(b)に示されるように、パンプなどの表面張力により、それぞれの中心部で接合するように移動する（セルフアライメント）。そして、加熱を解除することにより、合金層3が固化して接合する。

【0038】このセルフアライメントは、半導体チップ同士の接合でなく、基板と半導体チップとの接合でも、Au-Sn合金層などの低融点金属を熔融状態にすることにより、同様に行うことができる。なお、接合時の加重は、前述の例では自重のみによったが、バンプなどの接合部の数が多い場合には、1個当りの加重が減るため、ある程度の重しをした方が良い場合もある。たとえば1個のバンプ当たり2gの荷重を印加し、350℃程度の温度で行うことができる。

【0039】第1および第2の半導体チップ1、2の隙間には、後述するように、エポキシ樹脂またはエラストマーなどからなる絶縁性樹脂7が充填され、この接合された半導体チップ1、2は、通常の半導体装置の製造と同様に、リードフレームからなるダイアイランド4上にボンディングされ、さらに各リード5と金線などのワイヤ6によりボンディングされ、モールド成形により形成される樹脂パッケージ8により周囲が被覆されている。そして、リードフレームから各リードが切断分離された後に、フォーミングされることにより、図1(a)に示されるような形状の半導体装置が得られる。

【0040】本発明の半導体装置によれば、第1の半導体チップと第2の半導体チップとの電極端子の接続が、バンプ電極もしくは電極端子上の金属膜を構成する第1の金属と、その表面に設けられる、第1の金属より融点の低い第2金属の被膜との合金化により接着しているため、Auなどの融点の高い金属材料によりバンプを形成しながら、300℃程度の低い温度で接合することができる。しかも、合金化により接合しているため、半導体装置を回路基板などにハンダ付けする場合などに260℃程度に温度が上昇しても、合金層が溶けて接着部が剥れることはない。しかも300℃程度の低温度で接着されるため、半導体基板に形成される半導体素子(回路素子)に機械的または熱的ストレスが加わることはなく、素子特性に変動を来すことは全然ない。そのため、非常に信頼性の高い半導体装置が得られる。

【0041】一方、第2の金属被膜が被着された部分は、第2の金属被膜が若干残存するか、合金化しても第1の金属の割合が小さく、300℃程度に温度を上昇させて外力を加えることにより、容易に剥離することができる。すなわち、ハンダリフローの温度では、熔融する部分があっても非常に薄い層であり、外力が加わらないため分離しないが、一方の半導体チップを取り替えたい場合などには、300℃程度に温度を上昇させて外力を加えることにより、容易に分離することができ、半導体チップを取り替えることができる。Au-Sn合金であれば、300℃程度で容易に分離することができるが、分離する際は、その接合部のみに加熱することができるため、280～500℃程度で分離できるものであればよい。

【0042】本発明によるSnなどの低融点金属層を用

いた接合法について、従来のAu-Au接合と対比してさらに詳細に説明をする。図14(b)に示されるように、従来のAuバンプとAuバンプとを超音波を用いて接合する方法は、Au(固相)とAu(固相)とが相互に相手方に拡散する固相拡散になる。そのため、その拡散は非常に遅く、温度を高くし、さらに超音波などにより衝撃を与えないと拡散が進まず接合しない。一方、本発明のようにSnのような低融点金属をAuの表面に被膜して温度を上げると、図14(a)に示されるように、Snが低温で熔融して液相のSnとなるため、Auが液相であるSnの中に拡散する液相拡散になる。そのため、Auが低温で相互に拡散し、超音波などを印加しなくても、低温で接合することができる。

【0043】この液相拡散の方法について、さらに詳細に説明をする。前述の図1(b)に示されるように、一方のバンプにSnなどの低融点金属を被膜して、第1の半導体チップと第2の半導体チップとをその接合部が接触するように重ね、接合荷重が2g/バンプ程度になるようにして、350℃程度にする。そうすると図14(a)に示されるように、Snが液相化してAuが液相のSn中に拡散する。すなわち、液相拡散をするため、固相同士の拡散より非常に早く速やかに拡散する。そして、図14(a)の下側に示されるように、Sn-Au合金層が形成される。この状態で温度を下げることににより完全に接合される。

【0044】また、図1(b)に示される例では、第2の金属被膜11aがバンプ電極11の側面にも覆われるように示されている。このように、バンプ電極11の側面周囲全体まで覆うように形成されることにより、図2にバンプ電極部分の接合の様子が示されているように、バンプ電極11が小さくても、合金化すると接合部3が形成される際に、小さいバンプ電極11の周囲から大きい方のバンプ電極21にフィレット3aが形成され、強力に接合することができる。後述する図4(a)に示される場合なども含めて、このようなフィレット3aが形成されるように接合すれば、非常に強力に接合することができる。なお、図2において、電極パッドなどは省略して図示すると共に、図1(b)と同じ部分には同じ符号を付してある。なお、ここでフィレット3aとは、Au-Sn合金層などの低融点金属層が、接合部からバンプ電極などの側壁にはみ出す部分を意味し、必ずしも一方のバンプ電極の側壁全体に広がって掘野を形成してなくても、たとえば図2(b)に示されるように、バンプ21側壁の接合部側の一部が低融点金属層により濡れている程度でも接合強度が向上する。

【0045】図2(a)に示されるような、掘野の大きいフィレット3aが形成された場合、その接合強度は図15に示されるように、全然フィレットが形成されない場合に比べ、明らかに接合強度が向上した。なお、図5において、横軸はシヤ強度(N/mm<sup>2</sup>)、縦軸は個

数 $n$  (pcs)である。このフィレットの形成は、前述のAu-Sn層に限られず、第1の金属と第2の金属の合金層または第3の低融点の合金層で形成されておればよい。

【0046】一方、両方のパンプ電極が十分に大きかったり、第2の半導体チップ2を取り外す可能性が高い場合などでは、パンプ電極11の側面には成膜される必要はなく、図3に示されるように、パンプ電極11の上面、すなわち接合面のみに成膜されておればよい。なお、図3においても、図1(b)と同じ部分に同じ符号を付してある。この場合、接合した2つの半導体チップを取り外す可能性がなく、しっかりと接続するためには、パンプ電極に大小がある場合、図4(a)に示されるように、大きい方のパンプ電極11にSn被膜11aを形成すれば、同図右側に示されるように、フィレット3aが形成され、接着強度を強くすることができるし、図4(b)に示されるように、小さい方のパンプ電極21にSn被膜11aを形成すれば、接着強度を弱くして、取り外しをしやすくなる。

【0047】さらに、前述の各例に示されるように、Sn被膜11aは一方のパンプ電極11または21のみに形成されることが、接合面の合金層を形成しやすいため好ましい。すなわち、AuとSnとの接触部が合金化して接合するため、両方のパンプにSn被膜が設けられていると、Sn被膜とSn被膜との接触部が直には接合せず、パンプ電極表面のAu層とSn被膜との接触部から合金化し、Auが接合部に拡散して合金化することにより接合するため、Au層とSn被膜とが接触するように形成されることが好ましい。しかし、両方のパンプ電極に設けるSn被膜を非常に薄くすることにより、容易にAuが拡散するため、両方のパンプ電極に形成してもよい。

【0048】さらに、第1の金属をAuとし、第2の金属をSnとした場合、前述の合金層は、完全な共晶合金になると、Au80wt% (重量%、以下同じ)、Sn20wt%になるが、接合時に十分に温度を上げる訳ではないため、接合部は完全な共晶合金にはなりにくい。しかし、完全な共晶合金にならなくても、Auが65wt%以上であれば、強固な接合が得られると共に、分離する場合でも300℃程度に加熱することにより、接合部のみを分離することができる。また、合金層を形成しないで、Au層のみが存在することが、機械的強度が強く好ましい。

【0049】SnよりAuの拡散が10倍程度以上大きい場合、接合後のパンプ電極11、21および接合部3におけるSn濃度の分布は、図5に示されるように、Sn被膜11aが設けられた接合部の中心部分で一番Sn濃度が高く、パンプ電極11、21の根本に行くにしたがって段々小さくなる。したがって、Sn濃度の一番高い部分でもAu濃度が65wt%以上になり、パンプ電

極11、21の根本側では、Au濃度が100wt%になるように、Sn被膜の厚さ、接合時の温度、時間を調整することが好ましい。なお、このAu濃度に関しては、完全な定常状態になっている訳ではないため、パンプ電極の表面積全面に亘って、たとえば65wt%以上ということではなく、60%以上の面積での濃度を意味する。このような接合部のAu濃度を65wt%以上で、Au層が100wt%の部分が残るように接合するには、たとえば接合時の温度、時間、Sn層の量により調整することができる。

【0050】さらに好ましくは、Au-Sn共晶層 (接合部3) が0.8μm以上5μm以下であることが好ましい。このようにするには、Sn被膜の厚さを0.1~4μm程度にすることにより得られる。この際、完全なAu層を残すためには、Au層 (パンプ電極) の厚さを厚く形成することにより得られる。

【0051】図1に示される例は、第1および第2の半導体チップ1、2の両方の電極端子にパンプ電極11、21が形成されていたが、パンプ電極はその接続部であれば一方だけでもよく、パンプ電極と電極端子とで接合されてもよい。この場合の例が、その接続部だけの拡大断面説明図で図6に示されている。すなわち、第1の半導体チップ1における接続用電極端子12の上には、パンプ電極が形成されないで、バリア金属層14を介して、たとえばAuなどからなる0.2~0.5μm程度の厚さの金属膜 (Au膜) 15が設けられ、その上に第2の金属の被膜 (Sn被膜) 16が前述と同様の厚さに設けられている。そして、第2の半導体チップ2には、前述と同様にAuからなるパンプ電極21が形成されており、そのパンプ電極21と電極端子12上のAu膜15とがSn被膜16により合金化されて融着する構造になっている。このSn被膜16は、第2の半導体チップ2のパンプ電極21側に設けられてもよいし、両方に設けられてもよいこと、その接続方法などは前述の例と同様である。

【0052】前述の各例では、第1および第2の半導体チップの電極端子同士を接合する例であったが、本発明によれば、第1の金属表面に、その第1の金属と低い温度で合金化し得る第2の金属被膜を形成し、温度を上昇させることにより、合金化して接合することができる。すなわち、図7に示されるように、Alなどからなる電極端子12と接続してTi/W積層構造からなるバリア金属層14を介してAuからなる配線18が形成されている場合に、そのAu配線18上の接合部にSn被膜11aを形成し、第2の半導体チップ2のパンプ電極21を接触させて圧接し、300℃程度に温度を上昇させることにより接合することができる。なお、バリア金属層14は、Al電極端子12の酸化を防止し、低抵抗でAu配線18と接続するためである。図7におい

て、図6と同じ部分には同じ符号を付して、その説明を省略する。

【0053】この配線上で接合する場合、図7に示されるようにAu配線18で形成されないで、Al配線やCu配線が形成される場合がある。このような場合でも、その配線の接合部にAl配線の場合には、図7と同様のバリアメタル層、Au層、Sn被膜を設けることにより容易に接合することができる。また、Cu配線の場合、図8に示されるように、Cu配線31上に、Ti/WまたはNiからなるバリアメタル層32を接合部のみにメッキなどにより設け、さらにその上にAu層33、Sn被膜34を設け、前述と同様にAuからなるパンプ電極21を有する第2の半導体チップ2を接合することができる。なお、この場合のバリアメタル層32は、Au層33とCu配線31との接合を改良するために設けられている。

【0054】前述の各例では、第2の半導体チップ2側は常にパンプ電極21が形成された例であったが、第2の半導体チップ2側も配線のままで接続することもできる。この場合も、配線の材料により積層構造が異なるが、必要なバリアメタル層などを介して、表面にAu膜と、Sn被膜との接触部を設けることにより、前述と同様に両半導体チップ1、2を接合することができる。

【0055】すなわち、図9に示されるように、第1半導体チップ1の配線18aと第2半導体チップ2の配線18b（それぞれ半導体チップのパシベーション膜の最表面に形成されている）とがその一部の表面にSn被膜が形成され、他の部分には、たとえばポリイミドやSiO<sub>2</sub>などの第1の絶縁層36が設けられることにより、Sn被膜の設けられた部分のみで接合部37が形成され、接続することができる。この構造では、配線のAu層がパンプのように厚くなく、薄くなるため、接合後にSnが拡散しないAu層のみの部分ができない可能性が大きい、わざわざパンプ電極を形成しなくてもよい、工数低減を図れると共に、絶縁層36を介して接合されることにより、接合部のみに力がかかるという問題もなくなる。しかし、このような配線同士の接続の場合でも、絶縁層36を介さないで、前述のパンプ電極同士の接続と同様に、接続部のみで接合して、後述する絶縁性樹脂をその間隙部に充填する方法でもよい。

【0056】さらに、少なくとも一方が配線の場合の接続構造では、図10に示されるように、電極パッド12a表面と絶縁膜（パシベーション膜）17表面とで段差があり、そのまま配線を設けると、その上に設けられる配線も平坦にならないため、接合を行いにくいという問題がある。これを解消するため、図10に示されるように、絶縁膜17上に、たとえばポリイミドなどからなる第2の絶縁層38を形成してから、配線18を形成することにより平坦な配線18となり、接合しやすくなるというメリットがある。

【0057】前述の図1に示されるように、第1半導体チップ1と第2半導体チップ2との間隙部には、絶縁性樹脂が充填されることが好ましい。すなわち、図11に示されるように、第1半導体チップ1と第2半導体チップ2とを接合した後に、その間隙部にポリイミドなどからなる絶縁性樹脂を滴下して硬化させることにより、アンダーフィル（絶縁性樹脂層）7を形成する。このようなアンダーフィル7が形成されることにより、面全体で両チップが接触するため、パンプ電極の下側の半導体層に形成される素子に損傷を来すという問題がなくなる。すなわち、半導体チップ周囲がモールド樹脂によりパッケージングされる際に、半導体チップ間の隙間にはモールド樹脂が侵入し難い。そのため、隙間が生じていると樹脂パッケージ8により両半導体チップが押し付けられ、パンプ電極部分のみでその圧力を吸収する必要があるため、前述のような問題が生じるが、アンダーフィル7が設けられることにより、そのような問題を引き起こすことがなくなる。

【0058】この場合、ポリイミド（弾性率4.5GPa）を用いることがAuの弾性率と近いこと好ましい。アンダーフィル7の弾性率がパンプ電極11、21と近いと、パンプ電極を融着してから温度が下がった場合でも、パンプ電極にかかる圧縮力と半導体チップの他の部分にかかる圧縮力とが均等になるため、力が分散してパンプ電極と共に面として第2半導体チップ2を支持することができ、パンプ電極部分のみに特別な力がかかることがなくなる。

【0059】さらに、アンダーフィル7として使用する樹脂は、熱収縮率（熱膨張率）が4%以下のものを使用することが好ましい。熱収縮率が大きいと、硬化時に300℃程度に上げた温度が室温に下がったときに、パンプ電極であるAuの熱収縮率より大きくなり、パンプ電極部分のみに圧縮力として働き、その下の半導体層へのダメージが大きくなるからである。

【0060】前述の各例では、パンプを介して接続する部分を融点の高い第1の金属と、融点の低い第2の金属とを接合させ両金属の合金化により低い温度で接合されていたが、たとえばAu-Sn合金のように、300℃程度で熔融する第3の金属をその接合面に設けておいて、その第3の金属を熔融させることにより、接合することもできる。その例が図6と同様にパンプ電極部のみの拡大説明図により図12に示されている。第3の金属としては、後述するAu-Sn合金などを用いることができる。

【0061】図12において、図1と同じ部分には同じ符号を付してその説明を省略する。第1の半導体チップ1のバリアメタル層14上に設けられるパンプ電極11は、たとえばNiなどからなり、その上面の接合部には、Au-Sn共晶合金（たとえばAu:Sn=80:20）などからなる低融点の合金層が、第3の金属層1

9として、たとえば $0.5\sim 3\mu\text{m}$ 程度の厚さに設けられている。このAu-Sn層19は、たとえばスパッタリング、または無電解メッキ法などにより成膜することにより、前述の厚さに設けられる。このパンプ電極11上にAu-Sn層19が設けられた第1の半導体チップ1と第2の半導体チップ2との接合は、前述の図1に示される例と同様に、たとえば第1の半導体チップ1を加熱し得る基板ステージ上に載置し、マウンターにより第2の半導体チップ2をそのパンプ同士が一致するように位置合せをして、加圧しながら $300^{\circ}\text{C}$ 程度に加熱することにより、Au-Sn合金層19が熔融し、パンプ電極11、21のNi内に拡散して金属間化合物を形成する、いわゆる拡散接合される。なお、前述のようにAu-Snの場合、拡散係数は、Auの方がSnより10倍程度以上大きい。

【0062】この構造によれば、パンプ電極表面とAu-Sn合金層とは金属間結合をているため、半導体装置の実装時のハンダフロー温度である $260^{\circ}\text{C}$ 程度では強固に接合している。一方、Au-Sn合金層の中心部では、Au-Sn合金の状態であるため、 $300^{\circ}\text{C}$ 程度に近づくと熔融状態になるが、その層は薄いと共に、ハンダフローの際にはパッケージで被覆された半導体装置であり、両半導体チップ間に外力が加わらないため、離れることはない。一方、 $300^{\circ}\text{C}$ 程度の高温で、外力を加えることにより、低融点の合金層は熔融状態になっているため、容易に剥離することができる。そのため、第2の半導体チップを取り替える場合などには、 $280\sim 300^{\circ}\text{C}$ 近くに昇温し、外力を加えることにより、容易に分離することができ、半導体チップの取替を容易に行いやすいというメリットがある。なお、Au-Sn合金層の厚さを調整することにより、 $300^{\circ}\text{C}$ 程度では容易に剥離しないようにすることもできる。

【0063】また、前述のように、たとえばAuからなる金属表面にSn被膜を設け、予め温度を $280^{\circ}\text{C}$ 程度にして合金化することにより、Auパンプ電極表面にAu-Sn合金層を設けたのと同様の構造になり、その表面に接合する他のパンプ電極などを接触させて温度を上げ液相拡散をすることもできる。

【0064】前述の例では、パンプ電極として、Niを用いたが、Alなどでも同様にAu-Sn合金が拡散して拡散接合を得ることができる。さらに、前述の各例に示される例の構造で、Sn被膜に代えてAu-Sn合金層を設けることもできる。この場合、AuとAu-Sn合金とが同じAu系であるため、Au-Sn合金が熔融すると、Au表面に濡れて接合する。すなわち、図12に示される例では、両方の半導体チップ1、2にパンプ電極11、21が形成されていたが、前述の例と同様に、片方のみがパンプ電極で、他方は電極端子、配線でもよく、さらに両チップとも配線同士で接続する場合にも、その接合部の構造をAu-Sn合金により接合する

ことができる。

【0065】本発明によれば、接合の際に超音波などによる荷重をそれ程かけず、しかも低い温度で接合することができる。そのため、半導体層にダメージが殆どかからず、図16に示されるように、接合部（パンプ電極や配線などの形成部）の下にも回路素子31、32を形成することができる。その結果、非常に半導体チップを有効に利用することができ、高集積化を達成することができる。なお、図16では回路素子31、32が直接電極端子と接触しているような図になっているが、一般的には絶縁膜により分離されたり、回路素子の一部が接続されたりする。図16において、図1と同じ部分には同じ符号を付してその説明を省略する。なお、接合部の下の半導体層に回路素子を形成するのは、両方の半導体チップに設けられなくてもよく、また、全ての接合部に設けられる必要はない。

【0066】前述の各例では、1個の半導体チップに1個の半導体チップをボンディングするだけの構造の半導体装置であったが、2個以上の複数の半導体チップを1個の半導体チップ上にボンディングする場合でも同様である。また、一方が基板で、他方が半導体チップの場合でも同様に低温で簡単に接合することができる。

【0067】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、COCタイプの半導体装置における、チップ同士の接合の際に、高温にする必要がないため、半導体基板に形成される回路素子に影響を及ぼす虞はなく、回路素子の信頼性を非常に向上させることができる。

【0068】さらに、 $300^{\circ}\text{C}$ 以下で分離しやすい金属層を介して接合されているため、一方の半導体チップを取り替える場合に、温度を上げすぎて半導体チップにダメージを与えることなく、非常に簡単に取替を行うことができる。

【0069】また、半導体チップのパシベーション膜（絶縁膜）最表面に設けられる配線に接続する場合に、その配線とパシベーション膜との間に絶縁層を介在させて配線を平坦化させることにより、接続が容易で、かつ、確実に行うことができる。この場合、接合する半導体チップ間の対向する配線の間にも絶縁層を介在させることにより、より安定した接合を得ることができる。

【0070】さらに、接合する半導体チップの間隙に弾性率がパンプ電極と同程度の絶縁性材料を充填することにより、または収縮率が4%以下の絶縁性樹脂を充填することにより、接合する電極端子部分の半導体層に力が極局部的に印加されることなく、面全体に分散されるため、半導体チップの信頼性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による半導体装置の一実施形態を示す断面、およびチップ同士を接続する際の側面の説明図である。

【図2】パンプ電極の側面までSn被膜を形成したときの接合状態の説明図である。

【図3】図1に示される例の変形例を示す断面説明図である。

【図4】パンプ電極の一方にSn被膜を形成する場合の接続例を説明する図である。

【図5】Auパンプ電極表面にSn被膜を設けて接合した状態のSn濃度の分布を示す図である。

【図6】本発明による半導体装置の他の実施形態を示す断面説明図である。

【図7】本発明による半導体装置の他の実施形態を示す要部の断面説明図である。

【図8】本発明による半導体装置の他の実施形態を示す要部の断面説明図である。

【図9】本発明による半導体装置の配線同士を接合する例の説明図である。

【図10】本発明による半導体装置の配線と接合する場合の配線を平坦化する例の説明図である。

【図11】本発明による半導体装置の半導体チップ間に絶縁性樹脂を充填する例の説明図である。

【図12】本発明による半導体装置の他の実施形態を示す

す要部の断面説明図である。

【図13】本発明により、セルフアライメントで接合する方法を説明する図である。

【図14】本発明による液相拡散接合法を説明する概念図である。

【図15】本発明による接合構造にフィレットを形成した場合と形成しない場合の接合強度を比較する図である。

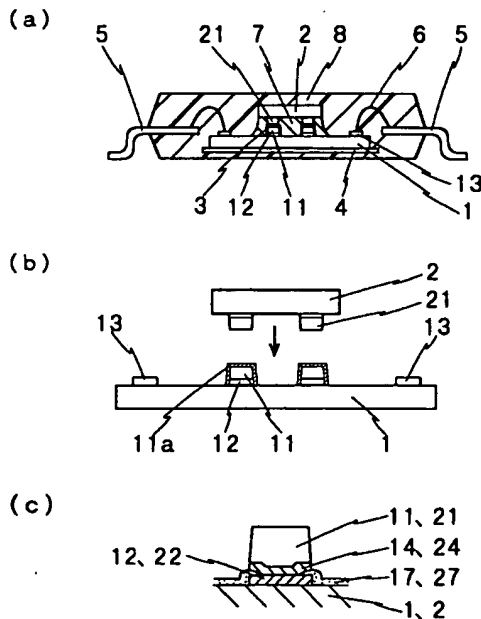
【図16】本発明により、接合部下の半導体層の部分にも回路素子を形成する例の概念説明図である。

【図17】従来のチップ同士を接続する工程の一例を説明する図である。

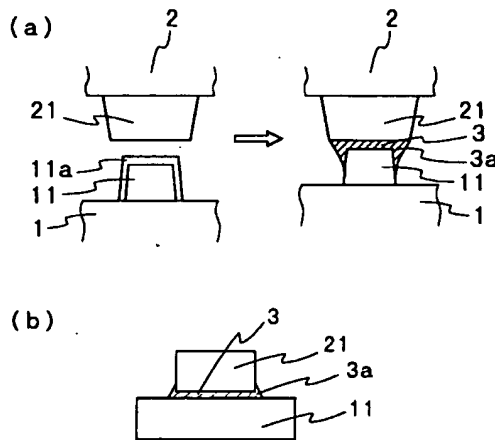
#### 【符号の説明】

- 1 第1の半導体チップ
- 2 第2の半導体チップ
- 3 合金層
- 11 パンプ電極
- 11a Sn被膜
- 18 Au-Sn合金層
- 21 パンプ電極

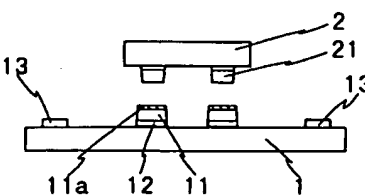
【図1】



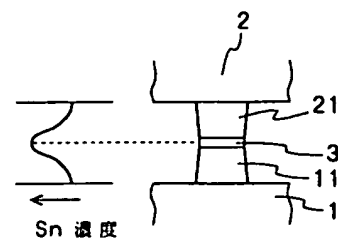
【図2】



【図3】

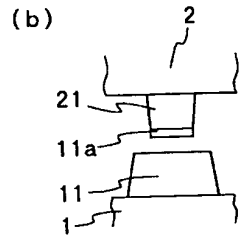
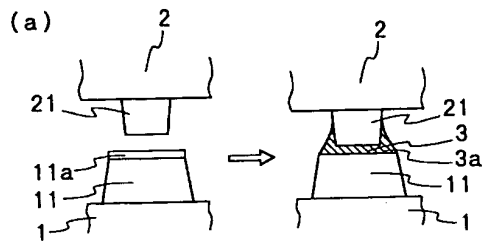


【図5】

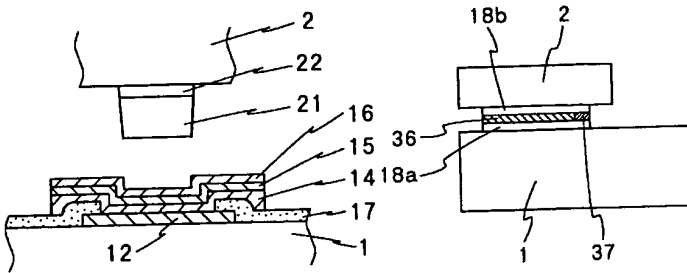


- 1 第1の半導体チップ
- 2 第2の半導体チップ
- 3 合金層
- 11 パンプ電極
- 11a Sn被膜
- 21 パンプ電極

【図4】

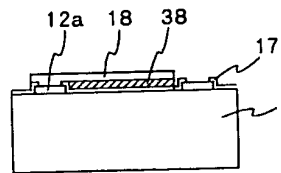


【図6】

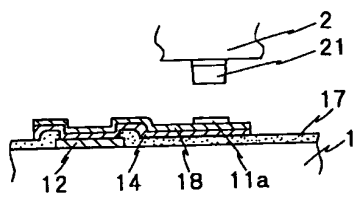


【図9】

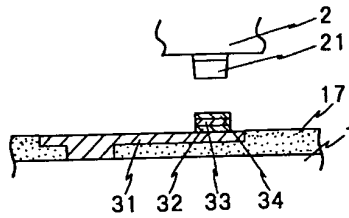
【図10】



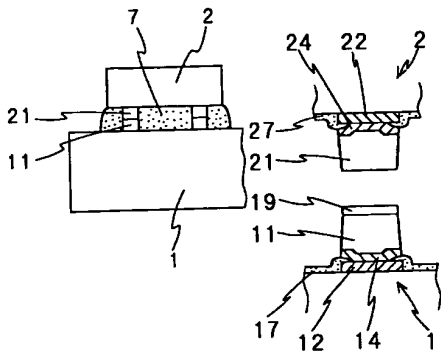
【図7】



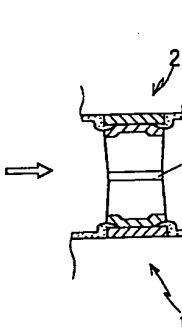
【図8】



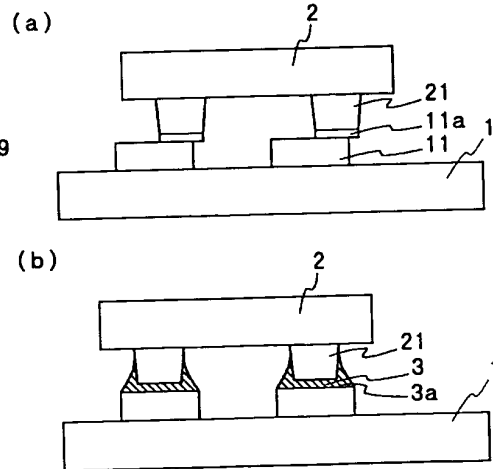
【図11】



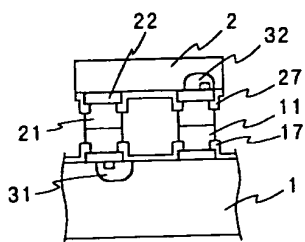
【図12】



【図13】

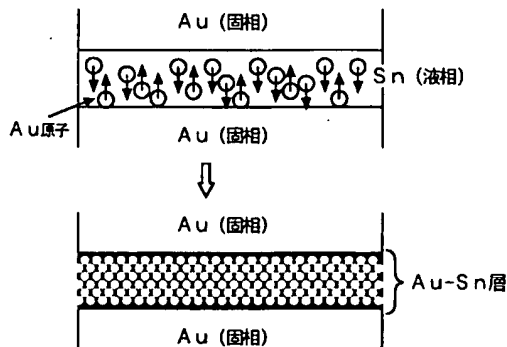


【図16】

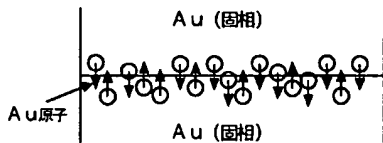


【図14】

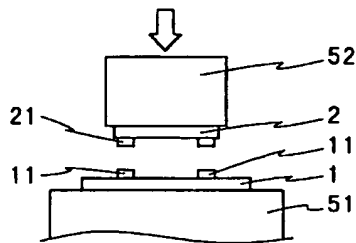
(a) 液相拡散



(b) 固相拡散



【図17】



【手続補正書】

【提出日】平成14年6月17日（2002. 6. 17）

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

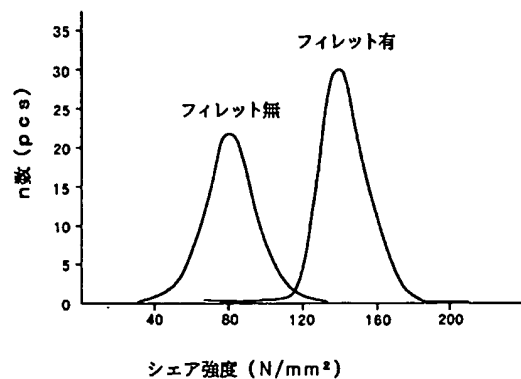
【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の半導体チップと、第2の半導体チップとがそれぞれの半導体チップに設けられるバンプを介して接合されることにより形成される半導体装置であって、前記バンプが第1の金属からなり、該バンプの接合部は、該第1の金属と前記バンプの少なくとも一方に設けられ、前記第1の金属の熔融温度より低い温度で熔融して前記第1の金属と合金化し得る材料からなる第2

【図15】



の金属との合金層、または前記バンプの少なくとも一方に設けられる前記第1の金属より融点の低い第3の金属からなり、かつ、前記バンプの少なくとも一方の側面まで前記合金層または第3の金属層が十分に付着して接合されてなる半導体装置。

【請求項2】 第1の半導体チップの電極端子上に設けられるバンプと、第2の半導体チップの電極端子または該電極端子と接続した配線とが接合されることにより形成される半導体装置であって、前記バンプが第1の金属からなり、該バンプの接合部は、該第1の金属と前記バンプもしくはその相手方に設けられ、前記第1の金属の熔融温度より低い温度で熔融して前記第1の金属と合金化し得る材料からなる第2の金属との合金層、または前記バンプもしくはその相手方に設けられる前記第1の金属より融点の低い第3の金属からなり、かつ、前記バンプ

ブの側面まで前記合金層または第3の金属層が十分に付着して接合されてなる半導体装置。

【請求項3】 第1の半導体チップと、第2の半導体チップとがバンパを介して接合されることにより形成される半導体装置であって、前記バンパを介した前記第1および第2の半導体チップの接合部が280～500℃で前記第1および第2の半導体チップを容易に分離し得る構造からなる半導体装置。

【請求項4】 前記第1および第2の半導体チップの両方にそれぞれ前記バンパが形成され、該バンパ同士が接合されてなる請求項3記載の半導体装置。

【請求項5】 前記第1および第2の半導体チップの一方に前記バンパが形成され、他方の半導体チップに前記第1の金属からなる金属膜が形成され、該バンパと前記金属膜とが接合されてなる請求項3記載の半導体装置。

【請求項6】 前記第1および第2の半導体チップの接合部に、前記第1の金属と第2の金属との合金層または前記第3の金属層からなるフィレットが形成されてなる請求項1または2記載の半導体装置。

【請求項7】 前記第1の金属がAuからなり、前記第2の金属がSnからなり、前記接合部がAu-Sn合金を有する請求項1、2または6記載の半導体装置。

【請求項8】 前記第3の金属がAu-Sn合金からなる請求項1、2または6記載の半導体装置。

【請求項9】 第1の半導体チップと、第2の半導体チップとが、それぞれの電極端子および配線が形成される側が向き合されて電気的に接続されると共に接合される半導体装置であって、前記第1の半導体チップと第2の半導体チップとの接合が配線同士の接合で、該配線同士の接合部に低熔点金属層が設けられ、該接合部以外の前記第1の半導体チップと第2の半導体チップの配線の間隙部に、第1の絶縁層が設けられ、前記低熔点金属層により接合されてなる半導体装置。

【請求項10】 前記配線の表面が平坦化されるように、前記半導体チップ表面のバンプに第2の絶縁層を介して前記配線が形成されてなる請求項9記載の半導体装置。

【請求項11】 前記配線が、電極端子に接続して設けられるバリア金属層を介したAu配線であり、前記低熔点金属層がAu-Sn合金からなる請求項9または10記載の半導体装置。

【請求項12】 前記配線が、電極端子と同時に形成されるCuからなり、該配線上にバリア金属層およびAu層を介してAu-Sn合金からなる前記低熔点金属層により接合されてなる請求項9、10または11記載の半導体装置。

【請求項13】 前記配線が、電極端子と同時に形成されるAuからなり、該配線上でAu-Sn合金からなる前記低熔点金属層により接合されてなる請求項9、10または11記載の半導体装置。

【請求項14】 前記接合部を構成するAu-Sn合金が、Auを65wt%以上含有するAuリッチの合金を有する請求項7、8、11、12または13記載の半導体装置。

【請求項15】 前記接合部のAu-Sn合金層が0.8μm以上5μm以下である請求項7、8、11、12、13または14記載の半導体装置。

【請求項16】 前記第1の半導体チップと第2の半導体チップとの接合部の間隙部に、弾性率が前記バンパとほぼ同じ弾性率を有する絶縁性樹脂が充填されてなる請求項1ないし8のいずれか1項記載の半導体装置。

【請求項17】 前記第1の半導体チップと第2の半導体チップとの接合部の間隙部に、熱収縮率が5%以下の絶縁性樹脂が充填されてなる請求項1ないし8のいずれか1項または16記載の半導体装置。

【請求項18】 前記第1の半導体チップおよび第2の半導体チップの少なくとも一方の前記接合部における半導体層に回路素子が形成されてなる請求項1ないし17のいずれか1項記載の半導体装置。

【請求項19】 第1の半導体チップまたは基板と、第2の半導体チップとを向き合せて、前記第1の半導体チップまたは基板と第2の半導体チップのそれぞれに設けられるバンパ間で接合する半導体装置の製法であって、前記バンパの少なくとも一方に、該バンパの金属より低熔点の低熔点金属層を設け、前記第1の半導体チップまたは基板と前記第2の半導体チップとを接合部が向き合うように重ね、前記低熔点金属層が溶融する温度まで上げることにより、セルフアラインで位置合せをして前記第1の半導体チップまたは基板と第2の半導体チップとを接合することを特徴とする半導体装置の製法。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正内容】

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明による半導体装置は、第1の半導体チップと、第2の半導体チップとがそれぞれの半導体チップに設けられるバンパを介して接合されることにより形成される半導体装置であって、前記バンパが第1の金属からなり、該バンパの接合部は、該第1の金属と前記バンパの少なくとも一方に設けられ、前記第1の金属の溶融温度より低い温度で溶融して前記第1の金属と合金化し得る材料からなる第2の金属との合金層、または前記バンパの少なくとも一方に設けられる前記第1の金属より熔点の低い第3の金属からなり、かつ、前記バンパの少なくとも一方の側面まで前記合金層または第3の金属層が十分に付着して接合されている。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正内容】

【0012】ここに第1の金属または第2の金属とは、それぞれが単独の金属のみならず、合金や、2種以上の複合金属の場合も含み、2種以上の金属の積層体からなる場合は外層側の主たる金属を意味する。また、第1の金属と第2の金属との合金層とは、層全体が合金になる場合の他、層の一部が合金で、一部は第1または第2金属のみや他の化合物を有する場合も含む意味である。さらに、パンプを介して接合される構造には、両方の半導体チップのそれぞれにパンプが設けられ、パンプ同士で接合される構造や、一方の半導体チップにパンプが設けられ、他方の半導体チップと直接接合される構造を含む。なお、第3の金属層も、前述の第1および第2の金属と同様に、単独の金属のみならず、合金などを含む意味であり、とくに接合後には第1の金属および第2の金属との化合、合金化により均一な組成とは限らない。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正内容】

【0013】この構造にすることにより、第2の金属は融点が低く、比較的低い温度で溶融し、パンプとして用いられる第1の金属を合金化して溶融し、第1および第2の半導体チップの同士を比較的低温で接合し、接続をすることができる。その結果、パンプを接続するための加熱温度は、第2の金属を溶融する程度の低い温度でよいため、第2の金属に、たとえばSnなどを選ぶことにより、回路素子に影響を及ぼすような温度にする必要はなく、高温による回路素子への悪影響は生じない。しかもパンプの大部分を構成する第1の金属は融点が高く、実装時のハンダ付け温度などでは全然支障を来すこともない。また、パンプが小さくても、接合部にフィレットが形成され、強力的に接合することができる。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正内容】

【0014】本発明による半導体装置の他の形態は、第1の半導体チップの電極端子上に設けられるパンプと、第2の半導体チップの電極端子または該電極端子と接続した配線とが接合されることにより形成される半導体装置であって、前記パンプが第1の金属からなり、該パンプの接合部は、該第1の金属と前記パンプもしくはその相手方に設けられ、前記第1の金属の溶融温度より低い温度で溶融して前記第1の金属と合金化し得る材料から

なる第2の金属との合金層、または前記パンプもしくはその相手方に設けられる前記第1の金属より融点の低い第3の金属からなり、かつ、前記パンプの側面まで前記合金層または第3の金属層が十分に付着して接合されている。この場合も、接合部にフィレットが形成され、強力的に接合することができる。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0015

【補正方法】変更

【補正内容】

【0015】本発明による半導体装置のさらに他の形態は、第1の半導体チップと、第2の半導体チップとがパンプを介して接合される場合に、前記パンプを介した前記第1および第2の半導体チップの接合部が280～500℃で前記第1および第2の半導体チップを容易に分離し得る構造に形成されている。すなわち、パンプなど接合部は、たとえばAuなどの融点の高い金属で形成されながら、接合部はそれより低い、たとえば300℃以下で溶融するような金属で接合されることにより、融点の低い金属は非常に薄い層となり、通常の状態では300℃程度になっても剥れなどは生じないが、300℃程度で外力を加えれば容易に分離し得る構造になっている。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正内容】

【0016】具体的には、前記第1および第2の半導体チップの両方に前記パンプが形成される構造や、前記第1および第2の半導体チップの一方に前記パンプ電極が形成され、他方の半導体チップに前記第1の金属または第2の金属からなる金属膜が形成される構造において、該パンプ同士の接合部、または該パンプと前記金属膜との接合部に前記合金層が形成される。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0019

【補正方法】変更

【補正内容】

【0019】本発明による半導体装置のさらに他の形態は、第1の半導体チップと、第2の半導体チップとが、それぞれの電極端子および配線が形成される側が向き合されて電気的に接続されると共に接合される半導体装置であって、前記第1の半導体チップと第2の半導体チップとの接合が配線同士の接合で、該配線同士の接合部に低融点金属層が設けられ、該接合部以外の前記第1の半導体チップと第2の半導体チップの配線の間隙部に、第1の絶縁層が設けられ、前記低融点金属層により接合さ

れる構造にすることもできる。ここに低融点金属層には、前述の第1の金属と第2の金属との合金化により、少なくとも一部に合金が形成される接合部や、第3の金属が設けられることにより拡散接合された境界部を含む。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0021

【補正方法】変更

【補正内容】

【0021】前述の接合部以外の前記第1の半導体チップと第2の半導体チップの配線の間隙部に、第1の絶縁層を介して接合される構造にすることにより、最表面に設けられる配線が他の部分と接触する虞れもなく、しかも配線同士をしっかりと接続しながら固定することができる。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0027

【補正方法】変更

【補正内容】

【0027】本発明による半導体装置の製法は、第1の半導体チップまたは基板と、第2の半導体チップとを向き合せて、前記第1の半導体チップまたは基板と第2の半導体チップのそれぞれに設けられるバンプ間で接合する半導体装置の製法であって、前記バンプの少なくとも一方に、該バンプの金属より低融点の低融点金属層を設け、前記第1の半導体チップまたは基板と前記第2の半導体チップとを接合部が向き合うように重ね、前記低融点金属層が溶融する温度まで上げることにより、セルフ

アラインで位置合せをして前記第1の半導体チップまたは基板と第2の半導体チップとを接合することを特徴とする。

【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0028

【補正方法】削除

【手続補正12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0029

【補正方法】削除

【手続補正13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0030

【補正方法】削除

【手続補正14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0045

【補正方法】変更

【補正内容】

【0045】図2(a)に示されるような、裾野の大きいフィレット3aが形成された場合、その接合強度は図15に示されるように、全然フィレットが形成されない場合に比べ、明らかに接合強度が向上した。なお、図15において、横軸はシア強度( $\text{N/mm}^2$ )、縦軸は個数 $n$ (pcs)である。このフィレットの形成は、前述のAu-Sn層に限られず、第1の金属と第2の金属の合金層または第3の低融点の合金層で形成されておればよい。